تطوير خرسانة خفيفة الوزن عازلة للحرارة

محمد حمزة حسين * د. ندى مهدي فوزي و د.زين العابدين محمد رءوف****

تاريخ التسلم:2009/4/28
تاريخ القبول:2010/4/1

الخلاصة

يعاني مناخ العراق بجوه الحار صيفا والبارد شتاءا وتعتبر مشكلة العزل الحراري إحدى المشاكل الهندسية الرئيسية التي تحتاج إلى المزيد من البحث في مجال الإسكان والبناء.
يتضمن البحث عدة تجارب منها تحضير خلطات خرسانية من مواد خفيفة الوزن مثل (ركام مكسر الثرمستون وركام المخلوط من البورسيلينايت ونشارة الخشب) للحصول على خرسانة ذات كثافة قليلة تتراوح بين(350-880) كغم/م3 بحيث توفر عزلا حراريا جيدا , وان لهذا النوع من الخرسانة واطئه الكثافة استخدامات كثيرة في البناء , وكثير من المنشآت تتطلب معالجات حرارية وصوتية باستخدام المواد خفيفة الوزن التي توفر عزل حراري .
وعلى ضوء نتائج التجارب تم وضع جداول ومنحنيات تساعد في تصميم خلطات من خرسانة ركام الثرمستون المكسر ضمن مدى كثافة (350-880) كغم/م3 وشمل البحث دراسة الخواص الفيزياوية مثل الكثافة والتي تتراوح مابين (765-822 كغم/م3) , ومقاومة الانضغاط مابين (1.51-2.2 نيوتن /ملم2) و(2.8-3.7 نيوتن/ملم2) والموصلية الحرارية (0.19_0.39) واط / متر.كلفن للمجموعتين .

الكلمات الرئيسية : خرسانة خفيفة الوزن , ركام البورسيلينايت , ركام الثرمستون ,نشارة الخشب , معامل التوصيل الحراري , الكثافة .

Insulating Light Weight Aggregate Concrete

Abstract

The weather in Iraq is hot in summer and cold in winter. Therefore , the thermal insulation is of the main problems facing the engineers working in building and housing sector
The paper presents an experimental investigation, It includes preparation of several concrete mixes using lightweight aggregate (siporex and porcelinite & suwdast) to obtain light weight concrete of two densities ranging from (350-880 kg/m^3), which provides a good thermal insulation. Based on the analysis of experimental results several graphs and Tables have been prepared and presented which can be used in the mix design of similar siporex concrete of densities from (350-880 kg/m3) . The physical properties of siporex concrete , have been found which included density (765-822kg/m^3) , compressive strength (1.51-2.2 N/mm^2) & (2.8-3.7 N/mm^2) ,thermal conductivity (0.19-0.39 W/M.K) for the two groups respectively.

Keywords : light weight concrete , porcelinite aggregate , siporex aggregate , suwdast , thermal conductivity , density .

*وزارة الكهرباء / بغداد
** كلية الهندسة,جامعة بغداد/ بغداد

المقدمة

يعتبر العراق من الدول ذات الطقس الحار الجاف صيفا والبارد رطب شتاءا حيث يبلغ معدل درجات الحرارة في الصيف اكثر من (45 درجة مئوية) والرطوبة النسبية اقل من (10 %) لقد افتقر استخدام خرسانة خفيفة الوزن في العراق على أبنية محدودة جدا وقطع الخرسانية الخفيفة الوزن المستخدمه في معظم الحالات مستورده من الخارج , وعلى سبيل المثال استخدام ركام خفيف الوزن من نوع الطين المتمدد الخفيف الوزن في تغليف صبات المونة المسلحة (فيرو سمنت) المغلفة بالسيراميك في نصب الشهيد ببغداد .[1]

الهدف البحث إيجاد مادة رخيصة الثمن ومتوفرة بكثرة في العراق لمزجها مع السمنت الاعتيادي من اجل التوصل إلى مزيج أكثر صلابة واخف وزنا وأفضل من ناحية العزل الحراري في مجال الهندسة المدنية 0بغية توفير الراحة السكنية وذلك باستخدام خرسانة خفيفة الوزن حاوية على (ركام مخلفات الثرمستون وركام البورسيلينايت مع نشارة الخشب) كل ذلك من اجل توفير عزل حراري مناسب لتأمين الراحة السكنية .

- ويمكن تلخيص أهم مزايا وفوائد استخدام الخرسانة خفيفة الوزن المصنوعة من الركام خفيف الوزن بما يلي [2]

1) تقليل الإثقال الميتة في الأبنية الخرسانية ويعني هذا تقليل نسبة الحديد التسليح المستخدم فيها .
2) توفير الراحة السكنية وتقليل تكاليف التدفئة والتبريد نظر لما تمتاز بة خرسانة الركام خفيف الوزن من امتلاكها عزلا حراريا وامتصاصاً للصوت أعلى من الخرسانة الاعتيادية .
3) تقليل الضغط العمودي والجانبي على قوالب الصب مما يؤدي إلى تقليل كلفة إعمال نجارة القوالب.
4) تقليل الإضرار والمخاطر الإنشائية الناجمة من حدوث الحرائق لديمومة هذه الخرسانة في الدرجات الحرارية العالية مقارنة بالخرسانة الاعتيادية .
5) توفير ركام مطابق للمواصفات يمكن استخدامه في المناطق التي تعاني من عدم توفر أو شحه في الركام الاعتيادي.
6) تقليل العزل الحراري .

يتضمن هذا البحث تجارب مختبرية لانتاج خرسانة محلية الصنع خفيفة الوزن باستخدام (مخلفات صناعية وطبيعية ومواد نباتية مثل ركام الثرمستون الصناعي وركام البورسيلينايت الطبيعي ونشارة الخشب النباتية كما يهدف إلى إيجاد تأثير عدة متغيرات مثل نسبة الماء إلى السمنت ومحتوى السمنت ومحتوى الركام على الخواص الميكانيكية والحرارية لهذا النوع من الخرسانة , واشتملت خطه البحث ثلاث مراحل رئيسية يمكن إيجازها بما يلي :-

1) تصميم الخلطات التجريبية .
2) إيجاد الخواص الفيزيائية والميكانيكية والحرارية للخلطة المختارة .
3) مناقشة النتائج ومعرفة مدى فوائد استخدام هذه الخرسانة خفيفة الوزن بالعزل الحراري

ويبين الشكل(1) مخططا انسيابيا لخطة البحث

الجانب العملي

في هذا البحث تم استخدام المواد التالية

1- السمنت

استخدم السمنت البورتلاندي الاعتيادي من نوع الشرقية من انتاج المملكة العربية السعودية (النوع الأول ASTM TYPE 1) ويوضح الجدولان (1) و(2) نتائج التحليل الكيمياوي والخواص الفيزياوية لهذا السمنت وحسب الترتيب ويتبين من هذه النتائج إن السمنت المستخدم مطابق للمواصفات العراقية (م.ق.ع/5/1984).

2- مخلفات ركام الثرمستون المكسر

استخدام ركام الثرمستون المكسر المتوفر من مخلفات مصانع إنتاج بلوك الثرمستون في

معامل كربلاء المقدسة يمكن الاستفادة منها بعد تكسيرالثرمستون إلى حبيبات مختلفة ضمن منخل (5-12.5 ملم) .
أ- تدرج الركام الخشن :

تم خلال هذه الدراسة فحص التدرج الخشن لحبيبات الثرمستون المستعملة في التجارب المختبرية , ويبين الجدول (3) تدرج حبيبات هذا النوع :

3-ركام البورسيلينايت المكسر
استخدام ركام البورسيلينايت المتوفر في منطقة طريفاوي المتواجدة على الحدود العراقية الاردنية
ركام البورسيلينايت المارة من منخل رقم (12.5 ملم) والمتبقة على منخل (5 ملم) ويبين الجدول (4) في أدناه من ركام البورسيلينايت المستخدمة في البحث .
أ- التدرج :
تم خلال هذه الدراسة تبني التدرج المبين في الجدول أدناه (4) التحليل المنخلي للركام المخلوط والذي يبين المدى لتدرج الركام خفيف الوزن المنصوص عليه في المواصفة (ASTM C-330) ويبين الشكل (2) منحنى التدرج للركام الخشن المستخدم مع حدود المواصفة أعلاه.

نشارة الخشب المحلية

استخدام نشارة الخشب المحلية ضمن المنخل العابر من (5ملم) يتم تحضير نشارة الخشب المحلية من المعامل الخاصة بالنجارة ويجب أن تكون نشارة الخشب نظيفة وخالية من الكميات الكبيرة من قشور الشجر حيث أن ذلك يؤدي إلى زيادة المحتوى العضوي مما يؤثر سلبياً على تفاعلات الاماهة وينصح بمعالجة نشارة الخشب كيميائياً بمبيدات ومنها مادة (الاسفنيك) وذلك لتلافي التأثيرات السلبية على تماسك الخرسانة أو أماهة السمنت.
التدرج :يتم خلال هذه الدراسة فحص التدرج لنشارة الخشب المستعمل في التجارب المختبرية ويبين الجدول أدناه (5) التحليل المنخلي لنشارة الخشب.

الماء : تم استخدام الماء الصالح للشرب لاغراض الغسل والخلط والمعالجة .

المزجة الخرسانية

تم استخدام نسب خلط مختلفة (5:1) حجماً (سمنت : ركام مكسر الثرمستون) ونسبة مزج (6:1) حجماً (سمنت : ركام البورسيلينايت مع نشارة الخشب) أعتماداً على الخلطات التجريبية . [3]
ومن اجل تحقيق الخواص المطلوبة تم تحضير عدد من الخلطات التجريبية اعتماداً على عدة متغيرات مختلفة منها نوع الركام , نسبة الماء الى السمنت , الكثافة , ومقاومة الانضغاط , ومن خلال نتائج هذه الخلطات الخرسانية التجريبية تم التوصل الى تعيين سلسلة من الخلطات لدراسة المتغيرات المذكورة انفاً .
كانت نسبة السمنت الى الركام في الخلطات (5:1) و(6:1)(على اساس الحجم بسبب خفة وزن الركام) كذلك تمت دراسة تاثير تغير نوع الركام فاستعمال ركام الثرمستون مع كل النسب للسمنت وبمحتويات مختلفة (300, 400 ,500) كغم/م3 كما استخدم ركام المخلوط (البورسيلينايت مع نشارة الخشب) عند نفس النسب . وقورنت خواص هاتين الخلطتين واختيرت الخلطات ذات ركام الثرمستون وذلك لاسباب عديدة منها الكثافة والتي تتراوح مابين (765-822 كغم/م3) و (846-880 كغم/م3) ومقاومة الانضغاط والتي تتراوح مابين (1.51-2.2 نت/ملم2) و (2.8-3.7 نت/ملم2) والموصلية الحرارية (0.19-0.29 واط/م.كلفن) و (0.29-0.38 واط/م.كلفن) الملائمة لموضوع البحث .
تلى ذلك تغير نسب الماء الى السمنت للحصول على الخواص المطلوبة ولوحظ بان نسبة الماء الى السمنت البالغة (0.45 ,0.50 ,0.55) ملائمة لمتطلبات البحث .
تم استخدام نوعين من القوالب [4]
النوع الأول قوالب مكعب الشكل وبإبعاد (100×100×100ملم) لإجراء فحص مقاومة الانضغاط وتحديد الكثافة الرطبة والجافة للمجموعتين .

النوع الثاني قوالب أعتاب خشبية وبإبعاد (200×100×50ملم) وذلك للقياسات التي يتطلبها جهاز فحص إيجاد الموصلية الحرارية والكثافة .

طريقة خلط وصب الخرسانة

بعد تحضير المواد بنسبها الحجمية اتبعت طريقة الخلط الاعتيادية المستعملة مع الركام خفيف الوزن [5] [6] , والتي تعتبر الأسهل من الناحية العملية والأحسن في إعطاء الخواص المفضلة للخرسانة من حيث الكثافة والموصلية , حيث تم البدء اولاً بخلط الركام مع نصف ماء الخلط لمدة دقيقة واحدة ثم يضاف السمنت وباقي ماء الخلط الى الركام ويخلط لمدة دقيقتين اضافيتين , أجريت بعد ذلك عملية الخلط باستخدام المزج اليدوي وبموجب المواصفة الأمريكية (ASTM C-192 -02) [7] لحين الحصول على خلطة خرسانية لدنة متماسكة وبدون انسيابية مفرطة . بعد الانتهاء من عملية الخلط تم صب الخرسانة في القوالب حديدية بعد طلاء الجدران الداخلية لها بالدهن وصب الخرسانة على مراحل حسب حجم القالب, ثم أجريت عملية الرص باستخدام المنضدة الهزازة واعتمد الزمن اللازم لعملية الرص الكامل للخرسانة على نسب الخلط وحجم النموذج المستخدم , وبعد إتمام عملية الصب جرى تسوية السطح الخارجي للنماذج بشكل جيد بواسطة مالج معدني.

الإنضاج

بعد الانتهاء من عملية الصب تم تغطية القوالب مباشرة برقائق البولي اثلين لمنع عملية تبخر الماء من الخرسانة الطرية ولمدة (72) ساعة قبل فتحها لكي تكتسب الخلطات بعض المقاومة , ثم اجري بعد ذلك إخراج النماذج من القوالب وحفظها في أكياس البولي اثلين المغلفة لمدة (28 يوماً) وقد اتبعت هذه الطريقة بموجب توصيات المواصفة الأمريكية (ASTM C-192 -02) [7]

الفحوص المختبرية

تم خلال هذا البحث إيجاد بعض الخواص الفيزياوية والميكانيكية لخرسانة الركام خفيف الوزن (خرسانة ركام مخلفات الثرمستون /خرسانة الركام المخلوط نشارة خشب مع بورسيلينايت) .

قياس الكثافة

تم إيجاد الكثافة للخلطات الخرسانية في حالتها الجافة بالهواء عن طريق قياس إبعاد وزن نموذج الفحص باستخدام قدمة القياس (Vernier) وميزان كهربائي ذو دقة (0.10غم) , وقد استخدمت نماذج مكعبات بإبعاد (100×100×100ملم) لفحص مقاومة الانضغاط قبل تكسيرها في احتساب الكثافة الإجمالية الجافة بالهواء وأجريت عملية تحضير وحفظ النماذج حسب متطلبات (ASTM C-567) [8] , وبواقع ثلاث نماذج لكل نتيجة لكل خلطة تضمنها هذا البحث .

فحص مقاومة الانضغاط

تم فحص مقاومة الانضغاط باستعمال جهاز نوع (Tinius Olsen) ذو قدره سعتها (90طن) وبموجب المواصفة البريطانية(BS 1881) [9] كما تم فحص مقاومة الانضغاط لنماذج بعمر (7 أيام) (28يوم) تم وضع المكعبات داخل ماكنه الفحص على أحد الأوجه الجانبية بشكل عمودي على اتجاه الصب وتسليط حمل بشكل منتظم على النموذج مع تسجيل الحمل لغاية الفشل , وتستخرج مقاومة الانضغاط من حاصل قسمة الحمل على مساحة الوجه للحمل بابعاد (100 ×100ملم) وقد طبق المعادلة التالية:

$$Fcu = P/A \quad \text{---- (1)}$$

Fcu= مقاومة الانضغاط وتقاس نت/ملم2

P =الحمل المسلط وتقاس نت

A =مساحة وجة المكعب وتقاس ملم

فحص الموصلية الحرارية

تم قياس الموصلية الحرارية لنماذج بلاطات خرسانية متوازي المستطيلات ذات

بإبعـــــاد (200×100×50ملم) باستخدام جهاز الموصلية الحرارية نــوع (Model Tc-41) والمصنوع من قبل شركة (kyoto electronis) [10] , والطريقةالمتبعــة فـــي الفحص هي طريقة السلك الحار والتي تعتمد على التوصيل الحراري بالحالة غير ثابتــة (Unsteady state conduction) وضمن مدى القياس (0.5-5)واط/متر.كلفن , يقاس التوصيل الحراري بقياس الزيادة في درجة الحرارة لمعدن سلك رفيع قبل الوصول إلى الموازنة الحرارية وحرارة السلك الذي يقع بين النموذجين الذي يكتسبها من الحـــرارة الناتجة من الطاقة الحرارية المتولدة عنــد مرور تيار كهربائي خلاله , وقد تم تنفيــذ تجارب العزل الحراري في مركز بحــوث البناء /وزارة الإسكان والتعمير.

ومن الجدير بالذكر إن العزل الحراري يقلل من كلفة التدفئة والتبريد بدرجة كبيرة علما إن ما يقارب (75 %) مــن الطــــــــاقة الحراريــة تصــل البيــوت عــن طريــق الســــــطح [11].

4 - النتائج ومناقشتها

آن الهدف الرئيسي من التجارب هو إنتــاج خرسانة خفيفة الوزن عازلة للحرارة لذا تم فحص النماذج لإيجاد الكثافــة الإجماليــة ومقاومة الانضغاط والموصلية الحراريــة ويبين الجدول (6) نتائج فحــص الكثافــة الإجماليــة للمجموعــة الأولــى والثانيــة والمقارنة بينهما والتي أجريت في مختبرات كلية الهندسة / جامعة بغداد , ويبين الشكل (3) تأثير إضافة مخلفات ركام الثرمســتون على الكثافة الجافة للخرسانة ويلاحظ بــان الكثافة تقل بزيادة نسبة ركــام الثرمســتون حجماً وتصل الى (765-822 كغــم/م3) وهذا يتفق مع نتائج البحوث السابقة .يبــين الشكل (4) زيادة الكثافة الجافة للخرســانة بزيادة محتوى السمنت للمجموعتين الأولى والثانية وبموجب الخلطات التجريبية ضمن المدى من (300-500 كغم/م3) ويلاحــظ من الشكل أعلاه , بان زيادة الكثافــة فـــي المجموعة الثانية أعلى من المجموعة الأولى ويعود السبب آن المجموعــة الثانيــة تــم استخدام واضافة ركام البورسيلينايت المكسر مع نشارة الخشب حيــث آن كثافــة ركــام البورسيليانيت اكبر بكثير من كثافة ركــام الثرمستون لان عندما تقــل الكثافــة تقــل الموصلية الحرارية لعدم استمرارية المادة .

يبين الجــدول (6) نتــائج فحــص مقاومــة الانضغاط مع نسبة ركام الثرمستون المكسر حجما وتتراوح قيم مقاومة الانضغاط ما بين (1.51 - 2.5 نت/ملم2) ويلاحظ من ذلــك انخفاض مقاومــة الانضــغاط وان إضـــافة وزيادة ركام الثرمستون يقلل من المقاومة الى درجة كبيرة ضمن القيم المسموحة للخرسانة خفيفة الوزن العازلة للحرارة.

لذلك نستنتج إن المجموعة الأولى تقل مقاومة الانضغاط مع تغير نسب ركام الثرمســتون المكسر حيث يعود السبب الى وجود فجوات هوائية بسبب عدم وجود الحبيبات الناعمــة للرمل (No fine) وكذلك لان المسافة بين حجم حبيبات الركام الخشن وحجم حبيبــات السمنت كبيرة جدا لذلك تحــدث الفجــوات .ويبين الشكل (5) علاقة مقاومة الانضــغاط مع تأثير إضافة ركام الثرمستون المكسر لان مقاومة الانضغاط تتأثر بالعديد من العوامــل منها نسب الخلط وكذلك نوع الركام وتدرجة ونوع السمنت وطريقة الرص الخ , كما يبين الجدول (6) مقاومة الانضغاط مع تغير نسب ركام المخلوط (البورسيلينايت مــع نشــارة الخشب) مع الكثافة حيث عند استخدام ركام البورسيلينايت مع نشارة الخشب فان مقاومة الانضغاط تزداد مع ازدياد كثافة الخرســانة (المجموعة الثانية) ويعود الســبب الــى آن كثافة ركام البورسيلينايت أعلى من الأنــواع الأخرى من الركام خفيف الوزن وكلما تزداد نسب الخلط تقل الموصلية الحرارية بســبب عدم وجود الحبيبات الناعمــة للرمــل لســد الفجوات مابين الركام والســمنت وخشــونة الركام المستخدم ويؤدي الى وجود الفجوات داخل الكتلة الخرسانية .

إما المجموعة الثانية فتزداد مقاومة الانضغاط مع زيادة كثافة الخرسانة باســتخدام الركــام

المخلوط (البورسيلينايت مع نشارة الخشب)ويعتمد على نوع الركام المستخدم ويعطي الجدول (6) نتائج فحص الموصلية الحرارية للنماذج الخرسانية المستخدمة في هذا البحث , وقد أظهرت النتائج إن لهذه الخرسانة عزلا حراريا جيدا وبالرغم من محدودية نسب الخلط المستخدم في هذا البحث ، فقد أعطى مؤشر ايجابيا لاستخدامها في العزل الحراري للمجموعة الأولى والثانية والتي تم استخدام نوعين من الركام هما (مخلفات الثرمستون الصناعي) و (مخلفات نشارة الخشب مع البورسيلينايت) مع تغير في نسب الخلط .

وتتراوح قيم معامل التوصيل الحراري مابين (0.19 – 0.39) واط /متر.كلفن مقارنة ب(1.4) للخرسانة الاعتيادية

عندما يزداد محتوى السمنت إلى الركام يؤدي إلى زيادة في معامل التوصيل الحراري وذلك بسبب تقليل الفجوات داخل كتلة الخرسانة والتي تعيق حركة الحرارة بداخلها.

ويبين الشكل (6) علاقة معامل المرونة بالكثافة حيث بزيادة الكثافة زيادة طفيفة يؤدي ذلك إلى زيادة معامل المرونة زيادة كبيرة .ويبين الشكل (7) علاقة الكثافة ومعامل التوصيل الحراري لخرسانة ركام الثرمستون ، حيث يزداد معامل التوصيل الحراري زيادة كبيرة بزيادة الكثافة لانها سوف تؤدي الى تقليل الفجوات الهوائية مما يسهل حركة الموجات داخل الكتلة الخرسانية ويعود السبب لان الفجوات الهوائية الموجودة داخل الركام تؤدي الى إعاقة انتقال الحرارة وعندما يعوض هذا الهواء بالمادة يزداد التوصيل الحراري .

الاستنتاجات

تم في هذا البحث دراسة الخواص الفيزياوية لنوع جديد من الخرسانة خفيفة الوزن العازلة للحرارة والمصنوعة من مخلفات ركام الثرمستون والركام المخلوط (البورسيلينايت مع نشارة الخشب) ومن خلال التجارب التي أجريت يمكن تلخيص الاستنتاجات بما يلي :

أولا: - الكثافة

1-1 يمكن الحصول على قيم كثافة جافة للخرسانة العازلة المصنوعة من ركام الثرمستون ضمن المدى (765-822 كغم /م3), وكذلك الحصول على كثافة الجافة للخرسانة العازلة المصنوعة من الركام المخلوط (البورسيلينايت مع نشارة الخشب) ضمن المدى (846-880 كغم /م3).

2-1 توجد علاقة خطية عكسية بين نسبة الركام إلى السمنت والكثافة لكلا نوعي الركام المستخدم .

3-1 يمكن الحصول على الخرسانة خفيفة الوزن عازلة للحرارة باستخدام نسب الخلط (1:5) (سمنت : ركام) حجما في المجموعة الأولى , وباستخدام نسب الخلط (1:6) (سمنت : الركام المخلوط)حجما في المجموعة الثانية وبمحتوى السمنت (300كغم /م3) .

ثانياً :- مقاومة الانضغاط

تتراوح قيمة مقاومة الانضغاط لخرسانة ركام الثرمستون المكسر المستخدمة في هذا البحث ما بين (1.51-2.2 نيوتن /ملم2) وتزداد المقاومة بزيادة الكثافة ونسبة السمنت إلى الماء

إما مقاومة الانضغاط لخرسانة الركام المخلوط (البورسيلينايت مع نشارة الخشب) فتتراوح ما بين (2.8-3.7نيوتن /ملم2) كذلك تزداد المقاومة بزيادة الكثافة ونسبة السمنت إلى الماء والفرق بينهما يعتمد بصورة رئيسية على نوع الركام المستخدم وحجم الركام وعلى الهيكل الداخلي للمادة والبنية المجهرية .

ثالثاً :- الموصلية الحرارية

تنخفض الموصلية الحرارية للخرسانة ركام الثرمستون مع انخفاض الكثافة ويتراوح معامل التوصيل الحراري ما بين (0.19, 0.39) واط / متر.كلفن للمجموعة الأولى والثانية مقارنة بالمجموعة الثانية حيث يزداد معامل التوصيل الحراري بزيادة الكثافة حيث تحتاج الخلطات الخرسانية المصنوعة منه إلى محتويات ماء أعلى نسبيا من بعض أنواع الركام خفيف الوزن بسبب امتصاص ركام البورسيلينايت المكسر مع نشارة الخشب كمية كبيرة من الماء وتفرز الماء أثناء الخلط.

المصادر

[1] السامرائي , مفيد , وروؤوف ، زين العابدين ((كتاب الفحوص غير الاتلافية للخرسانة)) الأمارات العربية المتحدة / الشارقة 1999

[2]American Concrete Institute 213R-87 ((Guide for structural light weight aggregate concrete)) ACI , Mannual of concrete . practice part1 materials and general propreties of concrete 27 p.p 1994 .

[3]الجيلاوي , د.ندى مهدي"خواص الخرسانة خفيفة الوزن بالإشارة إلى العزل الحراري والمعاوقة الصوتية" أطروحة ماجستير /جامعة بغداد(1997) .

[4] نضال عبد القادر ((الخواص الديناميكية والحرارية للخرسانة خفيفة الوزن المصنوعة من قشور الرز وركام القصب)) أطروحة ماجستير /الجامعة التكنولوجية , قسم البناء والانشاءات (2005

[5] ألا سدي , الاستشاري فائق ألا سدي (إنتاج بلاطات تسطيح عازلة للحرارة) مركز بحوث البناء 2002 م.

[6]روؤف , زين العابدين"الفحوص غير اتلافية للخرسانة" دورة التعليم المستمر جامعة بغداد/كلية الهندسة 1989

[7] American Concrete Institute ((Making and curing concrete test specimens in labortory)) Annual book of A.S.T.M Standard C-192 , PP (1996) .

[8] American Concrete Institute BS 1881, part 209 ((Method of testing concretestrength)) 1991.

[9].British standards Institute ((Compressive strength of light weight insulating concrete)) Annual book of A.S.T.M Standard C-495.

[10]. Ban Abdul Abbas ((The-use of local porcelinite for the production of light weight concrete units)) M.SC. Thesis university of Technology 2001 .

[11]. Neville A.M. ((Propeerties of concrete)) 4Th and final edition longman group limitedEngland1995.

12. British Standards Instuite .B.S 1881, Part -209 ((Methods of Testing Concrete Strength)) -1991.

جدول (1) :التحليل الكيميائي للأسمنت و مركباته الأساسية*

العنصر	النسبة المئوية وزنا	حدود المواصفة رقم 5 سنة 1984
اوكسيد الكالسيوم CaO	64.1	-
اوكسيد السيليكا SiO_2	20.88	-
اوكسيد الألمنيوم Al_2O_3	3.74	-
اوكسيد الحديد Fe_2O_3	4.5	-
اوكسيد الكبريت SO_3	2.1	***الحد الأعلى 2.8%***
اوكسيد المغنيسيوم MgO	1.00	الحد الأعلى 5.0%
الفقدان بالحرق L.O.I .	1.98	الحد الأعلى 4.0%
مخلفات غير ذائبة	0.82	الحد الأعلى 1.5%
القلويات$(Na_2O+0.658K_2O)$	0.48	
عامل الإشباع الجيري	0.95	1.02-0.66
مركبات الإسمنت الرئيسية		
C2S	52.3	**غير محددة**
C3S	21.3	غير محددة
C3A	6.2	اكبر من 5 %
C4AF	9.3	غير محددة

تم إيجاد مركبات الــسمنت من معادلات (Bogue)

جدول (2) الخواص الفيزياوية للسمنت

لخاصية	نتيجة الفحص	حدود المواصفة رقم 5 سنة 1984
النعومة (سم^2/غم) بطريقة بلين	3382	2300 سم^2/غم الحد الأدنى
زمن التجمد بطريقة فيكات : 1) التماسك الابتدائي بالساعة 2) التماسك النهائي بالساعة	**2.35** 4.30	لا يقل عن 60 دقيقة لا يزيد عن 600 دقيقة
مقاومة الانضغاط لمكعبات مونه السمنت (نيوتن / مم^2) للأعمار : - 3 أيام - 7 أيام	20.35 26.26	لا يقل عن 15 لا يقل عن 23
الثبات بطريقة اوتوكليف	%0.14	لا يزيد عن 0.8 %

جدول (3) :تدرج حبيبات ركام الثرمستون

مقاس المنخل	نسبة العابر (وزناً) للمناخل المربعة الفتحات بموجب %(ASTM c-330)	نسبة العابر (وزنا) للمناخل المربعة الفتحات للتدرج المنتخب
(12.5) ملم	% (80-50)	% (70)
(9.5) ملم	% (20-0)	% (5)
(4.75) ملم	% (10-0)	% (0)

جدول (4) :التحليل المنخلي لركام البورسيلينايت

مقاس المنخل	نسبة العابر (وزناً) للمناخل المربعة الفتحات بموجب (ASTM C-330)%	نسبة العابر (وزنا) للمناخل المربعة الفتحات للتدرج المنتخب
(12.5) ملم	% (100-90)	% (95)
(9.5) ملم	% (80-40)	% (70)
(4.75) ملم	% (10-0)	% (5)

جدول (5) :التحليل المنخلي لنشارة الخشب المحلية

مقاس المناخل %	النسبة المؤية العابرة %
(9.5) ملم	% (100)
(4.75) ملم	% (65.5)
(2.62) ملم	% (26.5)
(1.18) ملم	% (8)

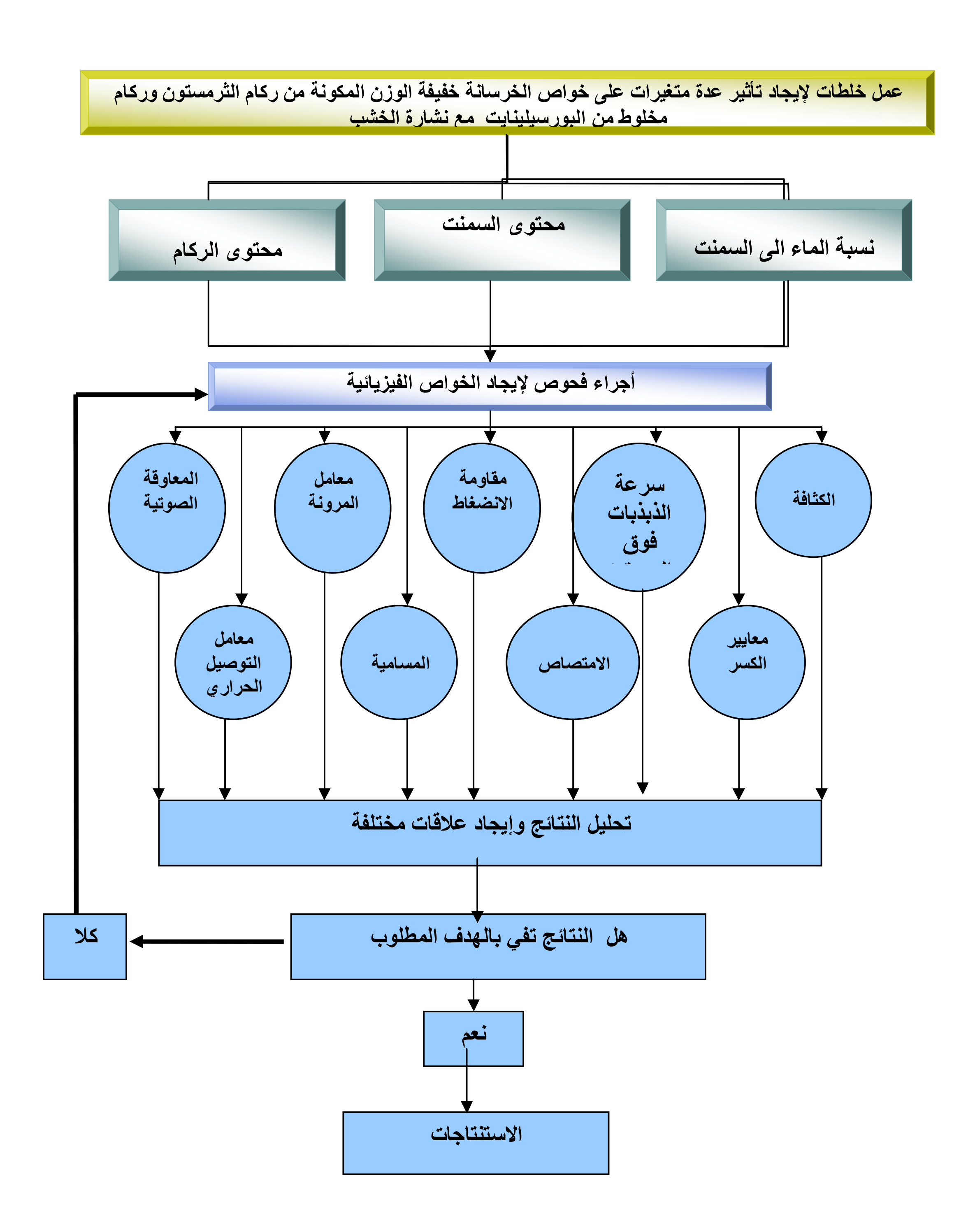
جدول (6) الكثـــافة الجافة لخرســـــانة ركـــــام الثرمستون والركــــــــــام المخلوط
(بورسيلينايت +نشارة الخشب)

المجموعة الأولى :-

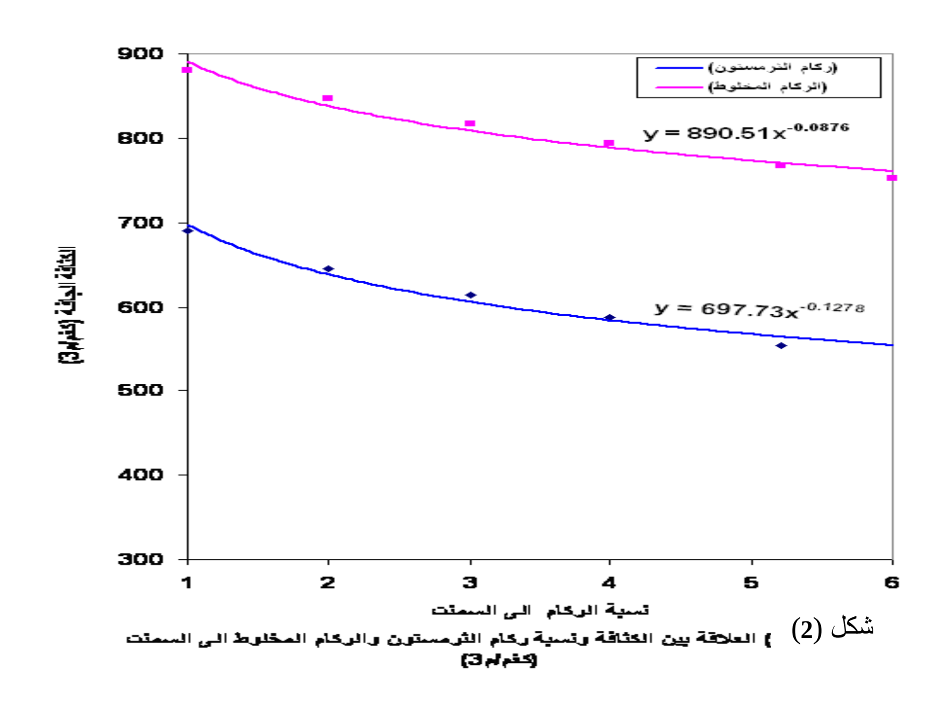
نسب الخلط	محتوى السمنت كغم /م3	W / C	الكثافة الجافة كغم / م3 بعمر(28) يوم	مقاومة الانضغاط نت /ملم2	الموصلية الحرارية واط/م.كلفن
4:1	400	0.45	787	1.83	0.26
5:1	400	0.45	775	1.68	0.24
6:1	400	0.45	764	1.29	0.19
5:1	300	0.45	765	1.51	0.21
5:1	400	0.45	775	1.68	0.24
5:1	500	0.45	822	1.94	0.32
5:1	400	0.45	775	1.68	0.24
5:1	400	0.50	791	1.56	0.29
5:1	400	0.55	779	1.45	0.26

المجموعة الثانية :-

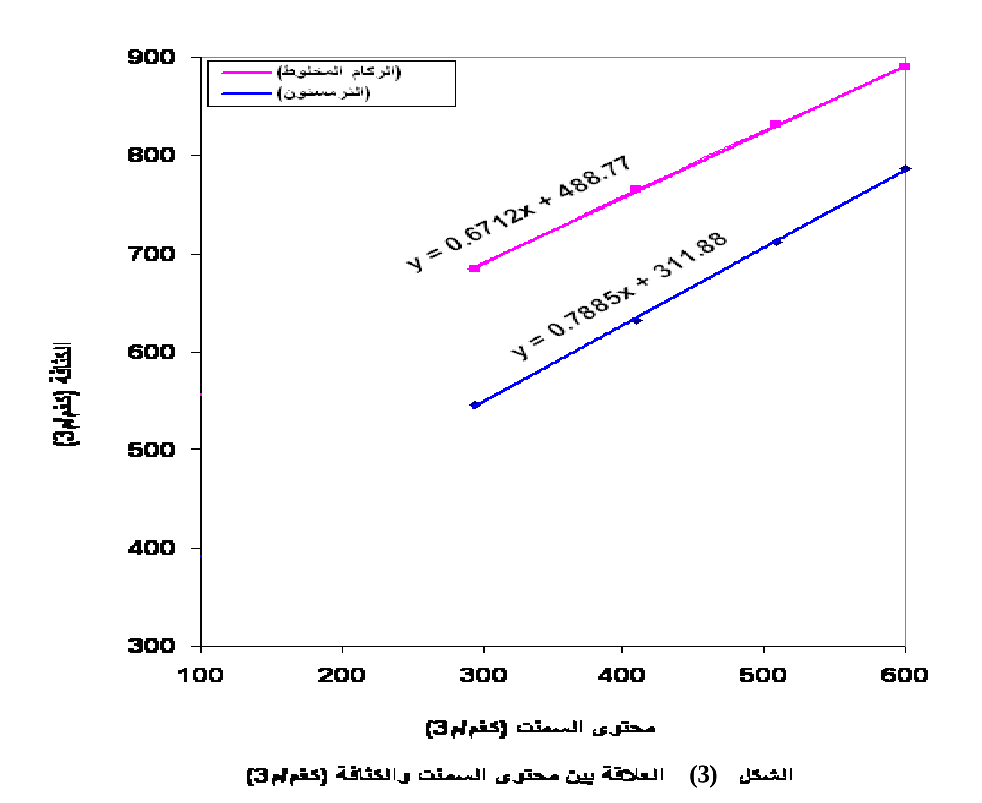
نسب الخلط	محتوى السمنت كغم /م3	W / C	الكثافة الجافة كغم / م3 بعمر(28) يوم	مقاومة الانضغاط نت /ملم2	الموصلية الحرارية واط/م.كلفن
5:1	400	0.45	878	3.5	0.37
6:1	400	0.45	862	3.20	0.35
7:1	400	0.45	836	2.81	0.29
6:1	300	0.45	846	2.8	0.32
6:1	400	0.45	862	3.20	0.35
6:1	500	0.45	890	3.35	0.39
6:1	400	0.45	862	3.20	0.35
6:1	400	0.50	851	2.95	0.38
6:1	400	0.55	841	2.7	0.33



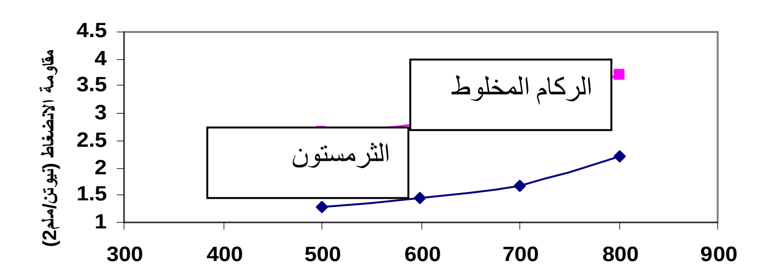
الشكل (1) المخطط الانسيابي لخطة البحث



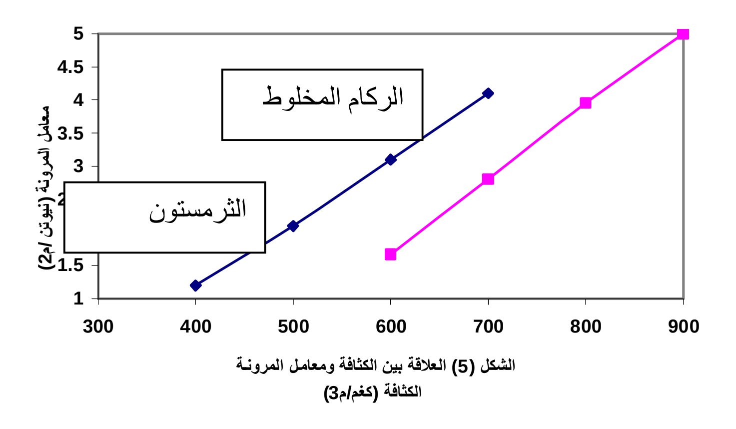
شكل (2) العلاقة بين الكثافة ونسبة ركام الثرمستون والركام المخلوط الى السمنت (كغم/م3)



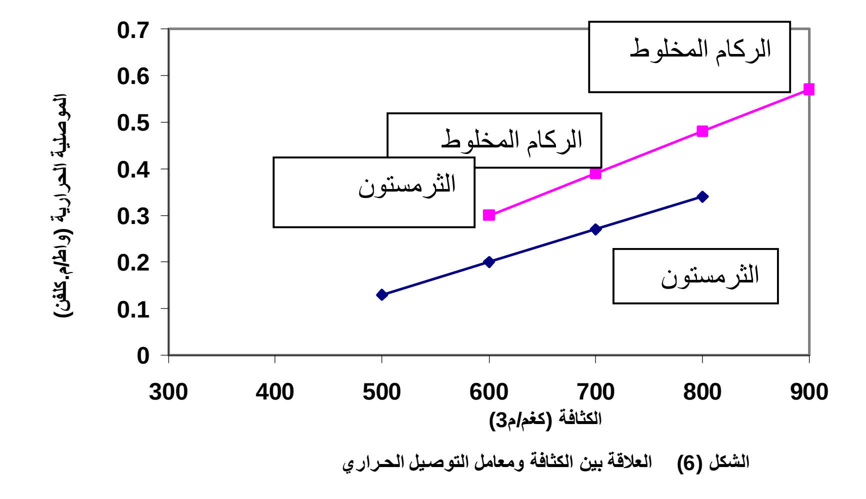
الشكل (3) العلاقة بين محتوى السمنت والكثافة (كغم/م3)



شكل (4) العلاقة بين الكثافة ومعامل المرونة الكثافة(كغم/م3)



الشكل (5) العلاقة بين الكثافة ومعامل المرونـة
الكثافة (كغم/م3)



الشكل (6) العلاقة بين الكثافة ومعامل التوصيل الحراري